ПАРАЗИТОЛОГИЯ, I, 3, 1967

УДК 576.895.132

ГРИБЫ-ГИФОМИЦЕТЫ КАК ГЕЛЬМИНТОФАГИ

Э. И. Прядко

Институт Зоологии АН КазССР, Алма-Ата

В последнее время все больший интерес приобретает изучение биологических мер борьбы с нематодозами растений, животных и человека. Исследование ограничивается почти исключительно опытами с «хищными» грибами (Boosalis, Mankau, 1965). По признанию одного из крупнейших специалистов в этой области Даддингтона (Duddington, 1962), СССР находится далеко впереди в разрешении указанных вопросов, чему наша наука обязана главным образом работам Сопрунова и его учеников.

Свои исследования мы посвятили выявлению перспектив практического применения «хищных» грибов на примере одного из представителей протостронгилид — *Elaphostrongylus panticola* Lubimov, 1945, являющегося возбудителем опасного гельминтоза мозга марала. Оказалось, что полезная деятельность гифомицетов не исключена и в борьбе с этим паразитом (Прядко, Дробищенко, 1966). Применение биологического метода против *Elaphostrongylus* возможно двумя путями: скармливанием конидий (спор) «хищных» грибов животным (грибы, пройдя пищеварительный тракт, смешивались бы с фекалиями и оказывались в тесном соприкосновении с личинками нематод), внесением их непосредственно на пастбище. Наиболее заманчивым способом, безусловно, является скармливание грибов. Опыты (Прядко, Дробищенко, 1967) показали, что конидии грибов рода Arthrobotrys могут жизнеспособными проходить через пищеварительную систему мелких грызунов (мыши, полевки, хомячка, морской свинки, кролика), не утрачивая способности улавливать и уничтожать личинок нематод. При определенных условиях они преодолевают желудочно-кишечный тракт овцы. Однако в организме марала (Прядко, 1966) преобладающее большинство конидий (более 99%) погибает; не помогают и предохранительные меры — обволакивание биопрепарата в 0.5% растворе агара или 5% растворе поливинилового спирта с последующей лиофильной сушкой. Правда, продукты жизнедеятельности и распада гриба действуют гельминтоцидно на личинок *Elaphostrongylus panticola*, значительно сокращая их численность в фекалиях, но скармливание «хищных» грибов маралам вряд ли может лечь в основу разработки биологических мер борьбы с этим гельминтозом.

Остается другой путь — внесение грибов на пастбище. Изучение этого способа интересно и по другим соображениям. Если со временем удастся добиться проведения через организм жвачных большей части введенных конидий жизнеспособными, то уже сейчас не лишено смысла располагать данными об их дальнейшей судьба во внешней среде, т. е. знать степень активности «хищных» грибов по отношению к личинкам паразитических нематод в природных условиях. Изучение этого вопроса тем более важно, что грибы-гельминтофаги — это сапрофиты, и имеются взгляды на их образ жизни как на результат приспособления к условиям голодания (Беккер, 1963). Шмидт-Хенсдорф и Эрентрейх (Schmidt-Haensdorf, Ehrentreich, 1957), например, прямо заявляют, что в естественных условиях «хищные» грибы в борьбе со стронгилятами ощутимых результатов, видимо, не дадут. Кук (Cooke, 1964) придерживается того же мнения. Нет единого взгляда на применимость этих грибов и против нематодозов растений (Кондакова, 1960). Новые данные свидетельствуют о вполне удовлетворительных результатах использования их в борьбе с фитонематодами (Губина, 1965). Интересную работу в этом направлении проводят и азербайджанские микробиологи (Мехтиева, 1963).

Перечень работ по испытанию грибов в качестве средства профилактики против гельминтов человека и животных при внесении их конидий в окружающую среду ограничивается двумя сообщениями. Сопрунов (1958) применял порошок из конидий грибов Arthrobotrys oligospora и A. dolioformis против анкилостомоза человека на одной из угольных шахт. Зараженность рабочих до обработки шахты «хищными» грибами составляла 38.5%. Через 3 года новых случаев инвазии почти не отмечалось, а общая заболеваемость снизилась до 8.6%. Рубо и Дешьен (Roubaud, Deschiens, 1941, цитировано по Даддингтон, 1959) поставили опыт на овцах. Пастбище, инвазированное *Strongyloides papillosus* и *Bunostomum* sp., было разделено ими на два одинаковых загона. Один из загонов обработан 3 видами «хищных» грибов (A. oligospora, Dactylella ellipsospora и D. bembicodes). В оба загона были выпущены по две здоровые молодые овцы в возрасте до 1 года. В результате контрольные овцы оказались зараженными упомянутыми гельминтами намного интенсивнее, чем подопытные. Даддингтон (1959) отмечает, что узость опыта (всего на 4 животных) не могла исключить элемент случайности и обеспечить даже приблизительную достоверность, что полученные данные — результат участия грибов. Чтобы ответить на указанный вопрос, нужны опыты на значительно большем числе животных. Только тогда можно получить материал, поддающийся статистической обработке.

Исходя из этих соображений, мы проделали работу, аналогичную эксперименту Рубо и Дешьена, но с той лишь разницей, что в качестве индикатора полезной деятельности «хищных» грибов в природе была не овца, а наземный моллюск *Succinea granulosa* Lindholm, 1927 — типичный промежуточный хозяин возбудителя гельминтоза мозга марала, *Elaphostrongylus panticola* Lubimov, 1945.

Место работы — Институт зоологии АН КазССР (Алма-Ата). Время работы — 27 августа—3 октября 1966 г. Методика опыта заключалась в следующем. Небольшая затененная кроной деревьев полянка, покрытая негустой травой (высотой до 25 см), была поделена на 16 одинаковых участков (делянок), которые со всех сторон были ограничены фанерной перегородкой. Сверху сооружение, имевшее высоту 0.5 м, плотно прикрывалось общей рамой с натянутой на нее сеткой. В опыт были взяты 8 видов «хищных» грибов, выделенных из почвы Туркмении, Азербайджана и Казахстана (из предгорья Заилийского Алатау и Казахстанского Алтая), а именно Arthrobotrys oligospora Fres. (туркменский штамм), Arthrobotrys sp. (алма-алтинский штамм), A. cladodes var. macroides Dr. (азербайджанский штамм), A. drechsleri Sopr., A. arthrobotryoides (Berl.) Lind, A. conoides Dr., Dactylaria brochopaga Dr. (алтайские штаммы), Dactylaria sp. (азербайджанский штамм). Одни виды грибов (A. oligospora, A. cladodes, Dactylaria sp., D. brochopaga) нами выращивались на кукурузной сечке по методике Сопрунова и в таком виде использовались, другие (Arthrobotrys sp., A. drechsleri, A. conoides, A. arthrobotryoides) применялись в форме взвеси конидий, смытых водой с арбузно-пептонно-агаровой среды. Предварительно грибы проверялись на всхожесть и активность по отношению к личинкам *E. panticola* на голодной среде. Другие компоненты опыта — фекалии марала с содержанием 100 личинок *E. panticola* в 1 г и моллюски, собранные в предгорьях Заилийского Алатау — местности, благополучной по этому гельминтозу.

Грибы испытывались в разных вариантах (см. таблицу, № 1, 2), но сущность сводилась к одному. В каждую делянку 27 августа вносилось по 300 г фекалий (т. е. по 30 тысяч личинок), тщательно смешанных

Опыты с грибами — гельминтофагами и их результаты

№ делянок	Вид гриба	Внесение		Дата вскрытия моллюсков	Данные о численности личинок в моллюсках		Критерий достоверности разности с контролем (td) *
		конидий	моллюсков		пределы	средняя и ошибка (M ± m)	
1	Смесь	27 VIII	27 VIII	13 IX	1—62	20.14±1.78	0.01
2	Контроль	—	27 VIII	13 IX	2—60	20.18±1.75	
3	Смесь	27 VIII	2 IX	19 IX	0—48	10.65±1.32	3.47
4	A. oligospora	27 VIII	2 IX	19 IX	0—50	14.25±1.61	2.05
5	Arthrobotrys sp.	27 VIII	2 IX	19 IX	0—70	16.79±2.10	1.06
6	A. drechsleri	27 VIII	2 IX	19 IX	0—85	13.60±2.17	2.08
7	D. brochopaga	27 VIII	2 IX	19 IX	0—41	9.00±1.10	4.22
8	A. arthrobotryoides	27 VIII	2 IX	20 IX	0—40	8.52±0.97	4.49
9	Dactylaria sp	27 VIII	2 IX	20 IX	0—36	13.73±1.00	2.44
10	A. conoides	27 VIII	2 IX	20 IX	0—32	6.47±0.87	5.36
11	A. cladodes	27 VIII	2 IX	20 IX	0—60	15.15±1.68	1.68
12	Контроль	—	2 IX	19 IX	1—100	20.20±2.42	
13	Смесь	27 VIII	7 IX	26 IX	0—43	8.24±1.25	3.81
14	Контроль	—	7 IX	26 IX	0—122	21.50±3.61	
15	Смесь	27 VIII и 6 IX	14 IX	3 X	0—84	7.90±1.20	4.35
16	Контроль	—	14 IX	3 X	0—101	21.10±2.84	

с грибами (по 75 млн. конидий какого-либо одного гриба или смеси восьми видов на каждую делянку), а затем туда выпускалось примерно по 300 моллюсков. В делянку № 1 моллюски выпускались одновременно с внесением грибов, в делянки с третьей по двенадцатую — на 7-й день, в тринадцатую — на 12-й день, пятнадцатую — на 17-й день после первого внесения грибов или на 9-й день после их повторного высева (см. таблицу, № 3, 4). За все время опыта погода благоприятствовала развитию грибов: минимальная температура (ночью) — 8—16°, максимальная (днем) — 20—32° C; осадки в виде дождя — 27 августа, 3—7, 16, 30 сентября и 3 октября. Состояние делянок было под постоянным контролем; при необходимости они увлажнялись, высоко заползающие на траву или на ограду моллюски опускались на грунт. Через 17—19 суток после выпуска улиток (времени, достаточного для перехода большинства внедрившихся личинок *E. panticola* во вторую стадию) из разных мест каждой делянки бралось для вскрытия (компрессорным методом) по 64 моллюска (см. таблицу, № 5). Цифровые данные по численности найденных в них паразитов обрабатывались статистическим методом, выявлялся критерий достоверности разности между показателями опытных и параллельных контрольных делянок (см. таблицу, № 6, 8).

В результате оказалось, что на делянках (см. таблицу, № 3, 13, 15), на которых применялась смесь грибов, разность достоверна с наивысшей степенью вероятности (3.47; 3.81; 4.35 > 3.4). Аналогичные данные получены на делянках № 7, 8, 10 (4.22; 4.49; 5.36 > 3.4).

На делянках № 4, 6, 9 критерий достоверности разницы превысил лишь минимальный коэффициент (2.05; 2.08; 2.44 > 2), а на делянках № 1, 5, 11 разница оказалась недостоверной (0.01; 1.06; 1.68 < 2). Указанный цифровой материал может быть истолкован следующим образом. Моллюски, внесенные на зараженный участок одновременно с грибами (делянка № 1), оказались инвазированными одинаково с контролем. При выпуске моллюсков в более поздние сроки, начиная с 7 дня после внесения смеси грибов, отмечается достоверное снижение численности личинок по сравнению с контролем (делянки № 3, 13, 15). При этом отмечается довольно характерная особенность. Экспозиция грибов свыше недели (даже с повторным введением взвеси первоначального количества конидий) в нашем опыте не дала ощутимых сдвигов в сторону снижения инвазии моллюсков. Так, экспозиция грибов в течение недели снизила численность личинок до 10.65 экз. на одного моллюска, выпуск промежуточного хозяина к исходу второй недели экспозиции гриба снизил интенсивность инвазии до 8.24 экз., а через 2.5 недели (или на 9-й день после повторного внесения грибов) — до 7.9 личинок. Разница между этими показателями недостоверна ($t < 2$) т. е. отмеченное небольшое снижение численности личинок в моллюсках при выпуске их в более поздние сроки по сравнению с недельной экспозицией грибов — в этом опыте явление незакономерное. Судя по статистическим данным, наиболее активными были Dactylaria brochopaga, Arthrobotrys arthrobotryoides, A. conoides; различия показателей между опытными и контрольной делянкой в этих вариантах оказались наиболее достоверными ($t > 3.4$).

---

* Требуемый критерий достоверности разницы, по Плохинскому, 1961, при данном числе наблюдений равен 2; 2.6; 3.4.

Что же произошло на делянках при внесении туда личинок, грибов и моллюсков. Известно, что деятельность грибов-гельминтофагов в основном начинает проявляться с момента развития мицелия и его ловчих приспособлений, т. е. примерно на вторые-третьи сутки после прорастания конидий. Следовательно, личинки *E. panticola*, обладающие высокой активностью, сразу же с момента попадания во внешнюю среду (по данным Панина, 1964, они способны за 15—20 мин. удаляться на 1 см от исходного положения), по крайней мере, в течение первых суток могут беспрепятственно мигрировать за пределы опасной для них зоны как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Жертвой грибов, очевидно, являются лишь те личинки, которые остались в прикорневой части растений, например, личинки, замурованные внутри катышей фекалий. Нематоды, взобравшиеся на среднюю, а особенно на верхушечную часть трав, в нашем опыте для грибов были практически недосягаемы, но вполне досягаемы для моллюсков. Очевидно, именно здесь, в верхнем ярусе, происходило наиболее интенсивное заражение моллюсков на опытных делянках. Нельзя оставлять без внимания и то, что систематическое добавление влаги на делянки стимулировало вертикальную миграцию личинок и моллюсков, а конидии грибов при этом частично смывались на поверхность почвы. Незначительное снижение инвазии на делянках с более длительной, чем недельная, экспозицией грибов, видимо, можно объяснить тем, что уже к исходу первой недели «хищные» грибы выловили в поле своей деятельности почти всех личинок. Личинки же, мигрировавшие на траву, оказались недосягаемыми для грибов и в более поздние сроки, даже при повторном внесении взвеси конидий на грунт. На это указывают и данные контрольных делянок; интенсивность инвазии моллюсков на них была одинаковой на протяжении всего опыта (разница между средними недостоверна — $t < 2$).

Таким образом, наш опыт показал, что «хищные» грибы активны по отношению к личинкам *E. panticola* не только в лабораторных условиях. Несмотря на достоверные отличия данных, нельзя сказать, чтобы эта активность была достаточно высокой. В лучшем случае зараженность моллюсков по сравнению с контролем была ниже в 2.7 раза. При таком снижении инвазии моллюсков навряд ли возможна профилактика элафостронгилеза. В борьбе с элафостронгилезом маралов необходимо испытать «хищные» грибы по несколько измененной методике. Во-первых, еще более приблизить опыт к естественным условиям, проведя его непосредственно на пастбище. Во-вторых, вносить грибы не в форме водной взвеси конидий, большая часть которых при этом сразу же оказывается на почве, а в форме сухого биопрепарата, приготовленного, например, на таком субстрате, как мелко нарезанный камыш или пшеничная солома. (По нашим наблюдениям, «хищные» грибы хорошо развиваются на них — от 2 до 6 млн конидий на 1 г сухого биопрепарата, особенно при небольшой добавке кукурузной муки). Это даст больше гарантии в закреплении части спор грибов на средней и верхушечной части стеблей трав. В-третьих, периодически, один раз в неделю, повторять рассеивание конидий на пастбище.

Было бы интересно испытать «хищные» грибы при некоторых геогельминтозах животных, например, при кишечных стронгилятозах, так как половая продукция их возбудителей выделяется во внешнюю среду в виде яиц. Время вылупления личинок из них до некоторой степени совпадает с началом хищной деятельности грибов-гельминтофагов.

ВЫВОДЫ

1. «Хищные» грибы в природных условиях проявляют активность по отношению к личинкам *Elaphostrongylus panticola* Lubimov, 1945.

2. Экспозиция «хищных» грибов на делянках в течение недели и больше дает закономерное снижение инвазии моллюсков (*Succinea granulosa* Lind., 1927) личинками *E. panticola* до 2.7 раза по сравнению с контролем.

3. Наиболее активными в опыте оказались виды Dacrylaria brochopaga Dr., Arthrobotrys arthrobotryoides (Berl.), Lind., A. conoides Dr., выделенные в Казахстанском Алтае — местности неблагополучной по изучаемому гельминтозу мозга маралов.

4. Разработка биологического метода борьбы с *E. panticola*, видимо, более перспективна по линии рассеивания конидий на пастбище, чем при скармливании их животным.

Литература

Беккер З. Э. 1965. Физиология грибов и их практическое использование. Изд. МГУ : 1—268.

Губина В. Г. 1965. Основные формы борьбы с фитогельминтами. Тр. ГЕЛАН СССР, 16 : 32—41.

Даддингтон К. Л. 1959. Хищные грибы — друзья человека. Изд. иностр. литературы, М. : 1—188.

Кондакова Е. И. 1960. Хищные грибы Подмосковья и изучение возможности использования их в борьбе с галловой нематодой в закрытом грунте. Автореф. канд. дисс., М. : 1—14.

Мехтиева Н. А. 1963. Хищные грибы и возможность применения их в борьбе против фитонематод. Тез. докл. Всесоюзн. конф. по с.-х. микробиол. Л., (доп. вып.) : 69—70.

Панин В. Я. 1964. Цикл развития Elaphostrongylus panticola Lubimov, 1945. Паразиты сельскохозяйственных животных Казахстана, 3 : 34—48.

Плохинский Н. А. 1961. Биометрия. Изд. Сибирского отд. АН СССР, Новосибирск : 1—364.

Прядко Э. И. 1966. Опыты перорального введения грибов-гельминтофагов рода Arthrobotrys. Матер. к научн. конф. Всесоюзн. общ. гельминтологов.

Прядко Э. И., Дробищенко Н. И. 1966. Хищные грибы-гифомицеты и перспективы их применения в борьбе с элафостронгилезом маралов. Helminthologia.

Прядко Э. И., Дробищенко Н. И. 1967. К применению биометода для профилактики гельминтозов (О проходимости жизнеспособных спор грибов-гельминтофагов через организм некоторых животных). Изв. АН КазССР, сер. биол.

Сопрунов Ф. Ф. 1958. Хищные грибы-гифомицеты и их применение в борьбе с патогенными нематодами. Изд. АН ТуркмССР, Ашхабад : 1—366.

Boosalis M. G., Mankau R. 1965. Parasitism and Predation of Soil Microorganisms. Ecology of Soil-borne Plant Pathogens. Prelude to Biological Control. University of California Press: 374—389.

Cooke R. C. 1964. Ecological characteristics of nematode-trapping hyphomycetes. Annals of Applied Biology, 54 (3) : 375—379.

Duddington C. L. 1962. Predaceous fungi and nematodes. Experientia, 18 (12) : 537—543.

Schmidt-Haensdorf F., Ehrentreich F. 1957. Untersuchungen über die Vernichtung von Strongylidenlarven durch «Raubpilze» der Gattung Arthrobotrys. Veterinarmed., 4 (4) : 389—402.

HYPHOMYCETES AS HELMINTHOPHAGS

E. I. Prjadko

SUMMARY

A number of tests were undertaken on the activity of «predatory» fungi of the genera Arthrobotrys und Dactylaria in relation to *Elaphostrongylus panticola* Lubimov, a causative agent of cerebral helminthosis of maral (*Cervus elaphus* Gray). The effect of fungi was tested at the larval stage of the parasite, during its stay in the intermediate host, *Succinea granulosa* Lind.